

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

#2

PCT/JP 00/05155

日本国特許庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

01.08.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 4月 3日

出願番号

Application Number:

特願 2000-101564

REC'D 12 SEP 2000

WIPO

PCT

出願人

Applicant(s):

イビデン株式会社

JP00/05155

EKU

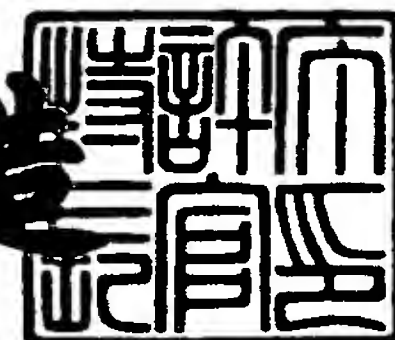
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 9月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特 2000-3069189

【書類名】 特許願

【整理番号】 H11YAHP018

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05B 3/14

【発明者】

 【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株式会社内

 【氏名】 伊藤 康隆

【発明者】

 【住所又は居所】 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1 - 1 イビデン株式会社内

 【氏名】 平松 靖二

【特許出願人】

 【識別番号】 000000158

 【氏名又は名称】 イビデン株式会社

 【代表者】 岩田 義文

【代理人】

 【識別番号】 100086586

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 安富 康男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100104813

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古谷 信也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108431

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村上 加奈子

【先の出願に基づく優先権主張】

 【出願番号】 平成11年特許願第225697号

 【出願日】 平成11年 8月 9日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033891

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705255

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 セラミックヒータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、前記発熱体に電力を供給する制御部と、前記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、前記温度データから前記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、

前記発熱体は、少なくとも 2 以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とするセラミックヒータ。

【請求項 2】 セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、前記発熱体に電力を供給する電源と、この電源を制御する制御部と、前記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、前記温度データから前記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、

前記発熱体は、少なくとも 2 以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とするセラミックヒータ。

【請求項 3】 前記測温手段は、測温素子である請求項 1 または 2 に記載のセラミックヒータ。

【請求項 4】 前記測温手段は、サーモピュアである請求項 1 または 2 に記載のセラミックヒータ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に半導体産業において使用される乾燥用、スパッタリング用等のセラミックヒータに関し、特には、温度制御しやすく、加熱面の温度均一性に優れるセラミックヒータに関する。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体製品は、シリコンウエハ上に感光性樹脂をエッチングレジストとして形成し、シリコンウエハのエッチングを行う工程等を経て製造される。

この感光性樹脂は液状であり、スピンコーターなどを用いてシリコンウエハ表面に塗布されるのであるが、塗布後に乾燥させなければならず、塗布したシリコンウエハをヒータ上に載置して加熱することになる。

従来、このような用途に使用される金属製のヒータとしては、アルミニウム板の裏面に発熱体を配置したものが採用されている。

【0003】

ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。

まず、金属製であるため、ヒータ板の厚みは、15mm程度と厚くしなければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反り、歪みが発生してしまい、金属板上に載置したシリコンウエハが破損したり傾いたりしてしまうからである。しかしながら、ヒータ板の厚みを厚くすると、ヒータの重量が重くなり、また、かさばってしまう。

【0004】

また、発熱体に印加する電圧や電流量を変えることにより、加熱温度を制御するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してヒータ板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。

【0005】

そこで、特公平8-8247号公報などで提案されているように、発熱体が形成された窒化物セラミックを使用し、発熱体近傍の温度を測定しながら、温度制御する技術が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、このような技術を用いてシリコンウエハを加熱しようとした際、ヒータ表面の温度差に起因する熱衝撃でシリコンウエハが破損してしまうという問題が発生した。

【0007】

そこで、本発明者らは、シリコンウエハ破損の原因について鋭意研究した結果、温度制御を行っているにも拘わらずシリコンウエハが破損するのは、単一の温度制御を行っても、加熱面が均一な温度にならず、シリコンウエハに場所による温度差が生じ、破損してしまうという事実をつきとめた。

また、このような温度の不均一は、窒化物セラミックや炭化物セラミックなどの熱伝導率の高いものほど顕著であるという事実も新たにつきとめた。

【 0 0 0 8 】

なお、特開平 6 - 2 5 2 0 5 5 号公報には、周縁部の温度よりも中央部の温度の方を高く制御する制御技術が、特開昭 6 3 - 2 1 6 2 8 3 号公報には、発熱体回路を分割して制御する技術がそれぞれ提案されているが、いずれも予め温度スケジュールを決めておいてから温度を制御する技術である。しかしながら、現実のシリコンウエハの加熱では、低温のシリコンウエハを急に載置する場合のような外乱があり、上記温度スケジュールを予め決めておくような制御技術では予定外の温度変化があった場合に温度を制御をすることができない。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明者らはさらに検討を重ね、発熱体を 2 以上の回路に分割し、温度測定の結果に基づいて各回路に異なった電力を投入して温度制御を行い、加熱を行うことによって、ヒータ板のシリコンウエハ等を加熱する面（以下、ウエハ加熱面という）の温度差を小さくすることにより、半導体ウエハ等の被加熱物全体の温度を均一化することができ、シリコンウエハの破損を防止し、また、予定外の温度変化があっても温度を制御することができることを見い出し、以下に示す内容を要旨構成とする本発明を完成するに至った。

【 0 0 1 0 】

即ち、第一の本発明のセラミックヒータは、セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、上記発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、上記発熱体は、少なくとも 2 以上の回

路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 1 】

また、第二の本発明のセラミックヒータは、セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、上記発熱体に電力を供給する電源と、この電源を制御する制御部と、上記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、上記発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

また、第一の本発明のセラミックヒータおよび第二の本発明のセラミックヒータにおいて、上記測温手段は、測温素子またはサーモピュアであることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

【発明の実施の形態】

まず、第一の本発明のセラミックヒータについて説明する。

第一の本発明のセラミックヒータは、セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、上記発熱体に電力を供給する制御部と、上記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、上記発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

上記第一の本発明のセラミックヒータによれば、ウエハ加熱面の温度または半導体ウエハ等の被加熱物の温度の測定結果に基づいて2以上に分割された発熱体の回路に投入する電力を変えることにより、温度制御を行うことができるので、ウエハ加熱面の温度を均一にして、被加熱物全体の温度を均一化することができ、

シリコンウエハの破損を防止することができる。

【 0 0 1 5 】

図 1 (a) は、第一の本発明のセラミックヒータの一例の概略を示したブロック図であり、(b) は、その一部を示した部分拡大断面図である。また、図 2 は、図 1 に示したセラミックヒータを構成するヒータ部分を模式的に示す平面図である。

【 0 0 1 6 】

ヒータ板 1 1 は、円板状に形成されており、発熱体 1 2 (1 2 x 、 1 2 y) は、ヒータ板 1 1 のウエハ加熱面 1 1 a の全体の温度が均一になるように加熱するため、ヒータ板 1 1 の内部に同心円形状のパターンに形成されている。また、これら発熱体 1 2 は、互いに近い二重の同心円同士が 1 組として、1 本の線になるように接続され、その両端に入出力の端子となる端子ピン 1 3 がスルーホール 1 8 を介して接続されている。また、端子ピン 1 3 には、ソケット 2 0 が取り付けられ、このソケット 2 0 は、電源を有する制御部 2 3 に接続されている。

また、中央に近い部分には、リフターピン 1 6 を挿通するための貫通孔 1 5 が形成され、さらに、測温手段 (測温素子) としての熱電対 1 7 を挿入するための有底孔 1 4 a ~ 1 4 i が形成されている。

【 0 0 1 7 】

また、図 1 に示したように、このセラミックヒータ 1 0 では、貫通孔 1 5 にリフターピン 1 6 が挿入され、このリフターピン 1 6 上にシリコンウエハ 1 9 が載置されるようになっている。また、このリフターピン 1 6 を上下させることにより、シリコンウエハ 1 9 を図示しない搬送機に渡したり、搬送機からシリコンウエハ 1 9 を受け取ったりすることができるようになっている。

また、支持ピン 5 6 0 (図 6 参照) でシリコンウエハを支持することによりウエハ加熱面から離間させた状態で加熱することもできる。離間の距離は、5 0 ~ 5 0 0 0 μ m が望ましい。

【 0 0 1 8 】

また、ヒータ板 1 1 には、底面 1 1 b 側から有底孔 1 4 が設けられ、この有底孔 1 4 の底には、測温手段としての熱電対 1 7 が固定されている。この熱電対 1 7

は、記憶部 2 1 に接続され、各熱電対 1 7 の温度を一定時間毎に測定し、そのデータを記憶することができるようになっている。そして、この記憶部 2 1 は、制御部 2 3 に接続されるとともに、演算部 2 2 に接続され、記憶部 2 1 に記憶されたデータに基づき、演算部 2 2 で制御する電圧値等の計算を行い、これに基づき、制御部 2 3 から各発熱体 1 2 に対して所定の電圧を印加し、ウエハ加熱面 1 1 a の温度を均一化することができるようになっている。

【 0 0 1 9 】

次に、本発明のセラミックヒータ 1 0 の動作について、説明する。

まず、制御部 2 3 を作動させることによりセラミックヒータ 1 0 に電力を投入すると、ヒータ板 1 1 自体の温度が上がり始めるが、外周部の方の表面温度がやや低温になる。

【 0 0 2 0 】

熱電対 1 7 で测温したデータは、記憶部 2 1 に一端格納される。次に、この温度データは演算部 2 2 に送られ、演算部 2 2 において、各測定点における温度の差または所定温度との差 ΔT を演算し、さらに、ウエハ加熱面 1 1 a の温度の均一化のために必要なデータ ΔW を演算する。

【 0 0 2 1 】

例えば、発熱体 1 2 x と発熱体 1 2 y における温度差 ΔT があり、発熱体 1 2 x の方が低ければ、 ΔT を 0 にするような電力データ ΔW を演算し、これを制御部 2 3 に送信して、これに基づいた電力を発熱体 1 2 x に投入して昇温させるのである。

【 0 0 2 2 】

電力の計算アルゴリズムについては、ヒータ板 1 1 の比熱と加熱域の重量から昇温に必要な電力を演算する方法が最も簡便であり、これに発熱体パターンに起因する補正係数を加味してもよい。また、予め、特定の発熱体パターンについて昇温試験を行い、测温位置、投入電力、温度の関数を予め求めておき、この関数から投入電力を演算してもよい。そして、演算部 2 2 で演算された電力に対応する印加電圧と時間とを制御部 2 3 に送信し、制御部 2 3 でその値に基づいて各発熱体 1 2 に電力を投入することになる。

即ち、第一の本発明のセラミックヒータでは、演算部 22 があるため、予定外の温度変化が生じた場合でも、温度の均一化のための電力を演算でき、実用的な温度制御を実現することができる。

【0023】

次に、第一の本発明のセラミックヒータを構成する各部材等について説明する。このセラミックヒータ 10 において、ヒータ板 11 の厚さは、0.5～5 mm が好ましい。0.5 mm より薄いと、強度が低下するため破損しやすくなり、一方、5 mm より厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が悪くなる。

【0024】

セラミックヒータ 10 を構成するセラミックは、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックであることが望ましい。

窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、ヒータ板 11 の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、ヒータ板 11 を薄くて軽いものとすることができる。さらに、ヒータ板 11 の熱伝導率が高く、ヒータ板自体が薄いため、ヒータ板の表面温度が、発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて発熱体 12 の温度を変化させることにより、ヒータ板の表面温度（ウエハ加熱面の温度）を制御することができるのである。

【0025】

上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

【0026】

また、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

【0027】

これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が $180 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ と最も高く、温度追従性に優れる反面、温度分布の不均一を招きやすく、本

発明のような測温手段を用いる必要があるからである。

【 0 0 2 8 】

本発明のセラミックヒータ 1 0 において、ヒータ板 1 1 には、被加熱物を載置するウエハ加熱面 1 1 a の反対側（底面）からウエハ加熱面 1 1 a に向けて有底孔 1 4 a ~ 1 4 i （以下、単に、有底孔 1 4 ともいう）を設けるとともに、有底孔 1 4 の底を発熱体 1 2 よりも相対的にウエハ加熱面 1 1 a に近く形成し、この有底孔 1 4 に測温手段を設けるとが望ましい（図 1 参照）。

また、有底孔 1 4 の底とウエハ加熱面 1 1 a との距離 L は、0. 1 mm ~ セラミック基板の厚さの 1 / 2 であることが望ましい（図 1 （b）参照）。

【 0 0 2 9 】

これにより、測温場所が発熱体 1 2 よりもウエハ加熱面 1 1 a に近くなり、より正確なシリコンウエハの温度の測定が可能となる。そして、この正確な温度の測定結果を記憶部 2 1 に記憶し、記憶部 2 1 で記憶された温度データに基づき、均一加熱のために発熱体 1 2 に投入する電圧を演算部 2 2 で計算し、この計算結果に基づき、制御部 2 3 より制御電圧を発熱体 1 2 に印加するので、ウエハ加熱面の温度を均一化し、シリコンウエハ等の被加熱物の全体を均一に加熱することが可能となる。

【 0 0 3 0 】

有底孔 1 4 の底とウエハ加熱面 1 1 a との距離が 0. 1 mm 未満では、放熱してしまい、ウエハ加熱面 1 1 a に温度分布が形成され、厚さの 1 / 2 を超えると、発熱体の温度の影響を受けやすくなり、温度制御できなくなり、やはりウエハ加熱面 1 1 a に温度分布が形成されてしまうからである。

【 0 0 3 1 】

有底孔 1 4 の直径は、0. 3 mm ~ 5 mm であることが望ましい。これは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下してウエハ加熱面 1 1 a との距離を均等にすることができなくなるからである。

【 0 0 3 2 】

有底孔 1 4 a ~ 1 4 i は、図 2 に示したように、ヒータ板 1 1 の中心に対して対称で、かつ、十字を形成するように配列することが望ましい。これは、ウエハ加

熱面全体の温度を測定することができるからである。

【0033】

上記測温手段としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等の測温素子が挙げられるほか、サーモビュア等の光学的な手段を用いた測温手段も挙げられる。

【0034】

上記サーモビュアを用いた場合には、セラミック基板表面の温度を測定することができるほか、半導体ウエハ等の被加熱物表面の温度を直接測定することができるため、被加熱物の温度制御の精度が向上する。

上記サーモビュアを用いた温度制御については、第二の本発明のセラミックヒータの説明において、詳しく説明することにする。

【0035】

また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K型熱電対が好ましい。

【0036】

上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同じが、または、それよりも大きく、0.5mm以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合は、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

【0037】

上記測温素子を用いる場合には、金ろう、銀ろうなどを使用して、有底孔14の底に接着してもよく、有底孔14に挿入した後、耐熱性樹脂で封止してもよく、両者を併用してもよい。

上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0038】

上記金ろうとしては、37～80.5重量%Au-63～19.5重量%Cu合

金、81.5～82.5重量%Au-18.5～17.5重量%Ni合金から選ばれる少なくとも1種が望ましい。これらは、溶融温度が、900℃以上であり、高温領域でも溶融しにくいためである。

銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu系のものを使用することができる。

【0039】

発熱体12は、図2に示したように、少なくとも2以上の回路に分割されていることが望ましく、2～10の回路に分割されていることがより望ましい。回路を分割することにより、各回路に投入する電力を制御して発熱量を変えることができ、ウエハ加熱面11aの温度を調整することができるからである。

【0040】

発熱体12のパターンとしては、図2に示した同心円のほか、例えば、渦巻き、偏心円、屈曲線などが挙げられる。

【0041】

本発明においては、発熱体をヒータ板の表面（底面）に形成してもよく、発熱体をヒータ板の内部に埋設してもよい。

発熱体をヒータ板11の表面に形成する場合には、金属粒子を含む導電ペーストをヒータ板11の表面に塗布して所定パターンの導体ペースト層を形成した後、これを焼き付け、ヒータ板11の表面で金属粒子を焼結させる方法が好ましい。なお、金属の焼結は、金属粒子同士および金属粒子とセラミックとが融着していれば充分である。

【0042】

ヒータ板11の表面に発熱体を形成する場合には、この発熱体の厚さは、1～30μmが好ましく、1～10μmがより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、その厚さは、1～50μmが好ましい。

【0043】

また、ヒータ板11の表面に発熱体を形成する場合には、発熱体の幅は、0.1～20mmが好ましく、0.1～5mmがより好ましい。また、ヒータ板11の内部に発熱体を形成する場合には、発熱体の幅は、5～20μmが好ましい。

【0044】

発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。発熱体は、ヒータ板 1 1 の内部に形成した場合の方が、厚み、幅とも大きくなるが、発熱体を内部に設けると、ウエハ加熱面と発熱体との距離が短くなり、表面の温度の均一性が低下するため、発熱体自体の幅を広げる必要があること、内部に発熱体を設けるために、窒化物セラミック等との密着性を考慮する必要性がないため、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよい。そのため、発熱体は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

【 0 0 4 5 】

発熱体の形成位置をこのように設定することにより、発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、ヒータ板全体に拡散し、被加熱物（シリコンウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。

【 0 0 4 6 】

発熱体は、断面が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方がウエハ加熱面に向かって放熱しやすいため、ウエハ加熱面の温度分布ができにくいからである。

断面のアスペクト比（発熱体の幅／発熱体の厚さ）は、1 0 ～ 5 0 0 0 であることが望ましい。

この範囲に調整することにより、発熱体の抵抗値を大きくすることができるとともに、ウエハ加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

【 0 0 4 7 】

発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、ヒータ板 1 1 のウエハ加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、発熱体のパターンに近似した熱分布がウエハ加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると発熱体の中央の直上部分が高温となってしまい、結局、発熱体のパターンに近似した熱分布がウエハ加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると

、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

【0048】

発熱体をヒータ板11の表面に形成する場合は、アスペクト比を10～200、
発熱体をヒータ板11の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。

【0049】

発熱体は、ヒータ板11の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、発熱体を内部に設けると、ウエハ加熱面と発熱体との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、発熱体自体を偏平にする必要があるからである。

【0050】

本発明の発熱体をヒータ板11の内部に偏芯して形成する場合の位置は、ヒータ板11のウエハ加熱面11aに対向する底面11bに近い位置で、ウエハ加熱面11aから底面11bまでの距離に対して50%を超え、99%までの位置とすることが望ましい。

50%以下であると、ウエハ加熱面に近すぎるため、温度分布が発生してしまい、逆に、99%を超えると、ヒータ板11自体に反りが発生して、シリコンウエハが破損するからである。

【0051】

また、発熱体をヒータ板11の内部に形成する場合には、発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に発熱体が形成され、ウエハ加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。

【0052】

導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0053】

上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0054】

これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、 $0.1 \sim 100 \mu\text{m}$ が好ましい。 $0.1 \mu\text{m}$ 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、 $100 \mu\text{m}$ を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【0055】

上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。

上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、発熱体と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0056】

導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

【0057】

導体ペーストには、上記したように、金属粒子に金属酸化物を添加し、発熱体を金属粒子および金属酸化物を焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、ヒータ板である窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと金属粒子とを密着させることができる。

【0058】

金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック、炭化物セラミックの表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この

酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとが密着するのではないかと考えられる。

【 0 0 5 9 】

上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

【 0 0 6 0 】

これらの酸化物は、発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとの密着性を改善することができるからである。

【 0 0 6 1 】

上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。

これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミックとの密着性を改善することができる。

【 0 0 6 2 】

上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して発熱体を形成した際の面積抵抗率は、1～45 mΩ/□が好ましい。

【 0 0 6 3 】

面積抵抗率が45 mΩ/□を超えると、印加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、ヒータ板の表面に発熱体を設けたヒータ板11では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が50 mΩ/□を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【 0 0 6 4 】

発熱体がヒータ板 1 1 の表面に形成される場合には、発熱体の表面部分に、金属被覆層（図 3 参照） 3 8 が形成されていることが望ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、0. 1 ~ 1 0 μ m が好ましい。

【 0 0 6 5 】

金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケルなどが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。

【 0 0 6 6 】

発熱体には、電源と接続するための端子が必要であり、この端子は、半田を介して発熱体に取り付けるが、ニッケルは、半田の熱拡散を防止するからである。接続端子としては、例えば、コパール製の端子ピン 1 3 が挙げられる。

【 0 0 6 7 】

なお、発熱体をヒータ板 1 1 の内部に形成する場合には、発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。発熱体をヒータ板 1 1 内部に形成する場合、発熱体の一部が表面に露出していてもよく、発熱体を接続するためのスルーホールが端子部分に設けられ、このスルーホールに端子が接続、固定されていてもよい。

【 0 0 6 8 】

接続端子を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0. 1 ~ 5 0 μ m が好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

【 0 0 6 9 】

次に、第一の本発明のセラミックヒータの製造方法について説明する。

ここでは、ヒータ板の内部に発熱体が形成されたセラミックヒータ 1 0（図 1 ~ 2 参照）の製造方法について説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

まず、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いてグリーンシートを作製する。

【0070】

上述したセラミック粉末としては、窒化アルミニウム、炭化ケイ素などを使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤を加えてもよい。

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

【0071】

さらに溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシートを作製する。グリーンシートの厚さは、0.1～5mmが好ましい。

【0072】

次に、得られたグリーンシートに、必要に応じて、シリコンウエハを支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔となる部分、熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔となる部分、発熱体を外部の端ピンと接続するためのスルーホールとなる部分等を形成する。後述するグリーンシート積層体を形成した後に、上記加工を行ってもよい。

【0073】

(2) グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

グリーンシート上に、金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導電性ペーストを印刷する。これらの導電ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

【0074】

タングステン粒子またはモリブデン粒子の平均粒子径は、0.1～5 μ mが好ましい。平均粒子が0.1 μ m未満であるか、5 μ mを超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。

このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒

子 8 5 ~ 8 7 重量部 ; アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも 1 種のバインダ 1 . 5 ~ 1 0 重量部 ; および、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも 1 種の溶媒を 1 . 5 ~ 1 0 重量部を混合した組成物 (ペースト) が挙げられる。

【 0 0 7 5 】

(3) グリーンシートの積層工程

導体ペーストを印刷していないグリーンシートを、導体ペーストを印刷したグリーンシートの上下に積層する。

このとき、上側に積層するグリーンシートの数を下側に積層するグリーンシートの数よりも多くして、発熱体の形成位置を底面の方向に偏芯させる。

具体的には、上側のグリーンシートの積層数は 2 0 ~ 5 0 枚が、下側のグリーンシートの積層数は 5 ~ 2 0 枚が好ましい。

【 0 0 7 6 】

(4) グリーンシート積層体の焼成工程

グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシートおよび内部の導体ペーストを焼結させる。

加熱温度は、1 0 0 0 ~ 2 0 0 0 °C が好ましく、加圧の圧力は、 $1 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5$ Pa が好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などを使用することができる。

【 0 0 7 7 】

なお、焼成を行った後に、上記測温素子を挿入するための有底孔 1 4 を設けてもよい。有底孔 1 4 は、表面研磨後に、サンドブラストなどをブラスト処理を行うことにより形成することができる。また、内部の発熱体と接続するためのスルーホールに端子ピン 1 3 を接続し、加熱してリフローする。加熱温度は、2 0 0 ~ 5 0 0 °C が好適である。

さらに、測温素子としての熱電対などを銀ろう、金ろうなどで取り付け、ポリイミドなどの耐熱性樹脂で封止し、熱電対 1 7 からの配線を記憶部 2 1 に接続し、ソケット 2 0 からの配線を制御部 2 3 に接続することにより、セラミックヒータの製造を終了する。

【0078】

図3は、本発明のセラミックヒータの他の一例の概略を示したブロック図である。

図3に示したセラミックヒータ30では、ヒータ板31の底面31bに発熱体32（32x、32y）が形成され、発熱体32の周囲に金属被覆層38が形成されている。

また、発熱体32に金属被覆層38を介して端子ピン33が接続、固定され、端子ピン33に、ソケット40が取り付けられている。そして、このソケット40は、電源を有する制御部43に接続されており、そのほかは、図2に示したセラミックヒータと同様に構成されている。

即ち、ヒータ板31の形状は図1に示したヒータ板11と同様の円板形状をなしており、ヒータ板11に形成された発熱体32の平面視したパターン、形成位置、および、有底孔34の形状、形成位置は、図2に示したセラミックヒータ10と同様である。

【0079】

次に、図3に示したセラミックヒータ30の動作について説明する。

図3に示したセラミックヒータ30の動作は、図1～2に示したセラミックヒータ10と同様であり、熱電対32x、32yの温度を一定時間毎に測定して記憶部41で記憶し、このデータから演算部42で制御する電圧値等の計算を行い、これに基づき、制御部43から発熱体32x、32yに対して所定の電圧を印加して、セラミックヒータ30のウエハ加熱面31a全体の温度を均一化することができるようになっている。

【0080】

次に、図3に示したセラミックヒータ30の製造方法について説明する。

(1) ヒータ板の作製工程

上述した窒化アルミニウムなどの窒化物セラミックまたは炭化物セラミックの粉末に必要な応じてイットリア等の焼結助剤やバインダ等を配合してスラリーを調製した後、このスラリーをスプレードライ等の方法で顆粒状にし、この顆粒を金型などに入れて加圧することにより板状などに成形し、生成形体（グリーン）を

作製する。

【 0 0 8 1 】

次に、生成形体に、必要に応じて、シリコンウエハを支持するためのリフターピンを挿入する貫通孔 3 5 となる部分や熱電対などの測温素子を埋め込むための有底孔 3 4 となる部分を形成する。

【 0 0 8 2 】

次に、この生成形体を加熱、焼成して焼結させ、セラミック製の板状体を製造する。この後、所定の形状に加工することにより、ヒータ板 3 1 を作製するが、焼成後にそのまま使用することができる形状としてもよい。加圧しながら加熱、焼成を行うことにより、気孔のないヒータ板 3 1 を製造することが可能となる。加熱、焼成は、焼結温度以上であればよいが、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックでは、1 0 0 0 ～ 2 5 0 0 ℃である。

【 0 0 8 3 】

(2) ヒータ板に導体ペーストを印刷する工程

導体ペーストは、一般に、金属粒子、樹脂、溶剤からなる粘度の高い流動物である。この導体ペーストをスクリーン印刷などを用い、発熱体を設けようとする部分に印刷を行うことにより、導体ペースト層を形成する。発熱体は、ヒータ板全体を均一な温度にする必要があることから、図 2 に示すような同心円状からなるパターンに印刷することが望ましい。

導体ペースト層は、焼成後の発熱体 3 2 の断面が、方形で、扁平な形状となるように形成することが望ましい。

【 0 0 8 4 】

(3) 導体ペーストの焼成

ヒータ板 3 1 の底面に印刷した導体ペースト層を加熱焼成して、樹脂、溶剤を除去するとともに、金属粒子を焼結させ、ヒータ板 3 1 の底面に焼き付け、発熱体 3 2 を形成する。加熱焼成の温度は、5 0 0 ～ 1 0 0 0 ℃が好ましい。

導体ペースト中に上述した金属酸化物を添加しておくこと、金属粒子、ヒータ板および金属酸化物が焼結して一体化するため、発熱体 3 2 とヒータ板 3 1 との密着性が向上する。

【 0 0 8 5 】

(4) 金属被覆層の形成

発熱体 3 2 の表面には、金属被覆層を設けることが望ましい。金属被覆層は、電解めっき、無電解めっき、スパッタリング等により形成することができるが、量産性を考慮すると、無電解めっきが最適である。

【 0 0 8 6 】

(5) 端子等の取り付け

発熱体 3 2 のパターンの端部に電源との接続のための端子（端子ピン 3 3）を半田で取り付ける。また、有底孔 3 4 に銀ろう、金ろうなどで熱電対を固定し、ポリイミド等の耐熱樹脂で封止し、セラミックヒータ 3 0 の製造を終了する。

なお、本発明のセラミックヒータでは、静電電極を設けて静電チャックとしてもよく、チャップトップ導体層を設けてウエハプローバとしてもよい。

【 0 0 8 7 】

次に、第二の本発明のセラミックヒータについて説明する。

第二の本発明のセラミックヒータは、セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、上記発熱体に電力を供給する電源と、この電源を制御する制御部と、上記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、上記温度データから上記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、上記発熱体は、少なくとも 2 以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とする。

【 0 0 8 8 】

上述した第一の本発明のセラミックヒータと同様、第二の本発明のセラミックヒータによれば、ウエハ加熱面の温度または被加熱物の温度の測定結果に基づいて 2 以上に分割された発熱体の回路に投入する電力を変えることにより、温度制御を行うことができるので、ウエハ加熱面の温度を均一にすることができ、被加熱物全体の温度を均一化することができ、シリコンウエハの破損を防止することができる。

【 0 0 8 9 】

図 6 は、第二の本発明のセラミックヒータの一例の概略を示したブロック図である。

図 6 に示したセラミックヒータ 5 0 では、ヒータ板 5 1 にシリコンウエハ 1 9 をヒータ板 5 1 のウエハ加熱面 5 1 a から一定距離離間させて支持するためのリフターピン 5 6 0 が形成されているほか、ヒータ板 5 1 の周辺部分は、図 3 に示したセラミックヒータ 3 0 と同様に構成されている。

【 0 0 9 0 】

また、このセラミックヒータ 5 0 では、シリコンウエハ 1 9 の上方に、シリコンウエハ 1 9 または被加熱物の表面の温度を測定するためのサーモビュア 6 0 0 が設けられ、このサーモビュア 6 0 0 は、記憶部 6 1 0 に接続され、記憶部 6 1 0 は、演算部 6 2 0 に接続されるとともに、記憶部 6 1 に接続されている。さらに、制御部 6 3 と電源部 6 3 0 とは一体化しておらず分かれて設けられている。記憶部 6 1 は、図 3 に示したセラミックヒータ 3 0 と同様に、演算部 6 2 と制御部 6 3 と接続されている。

【 0 0 9 1 】

記憶部 6 1 0 は、サーモビュア 6 0 0 から得られた画像データ等を記憶するとともに、この画像データを基に演算部 6 2 0 で画像処理を行うことにより得られた温度データを一旦記憶する役割も果している。

また、記憶部 6 1 は、測温データを受け取るとともに、その他の制御を行うためのデータを記憶し、演算部 6 2 では、測温データ等に基づいて制御のための演算を行う。

【 0 0 9 2 】

すなわち、図 6 に示したセラミックヒータでは、記憶部が、サーモビュア 6 0 0 から得られた画像データを専門に記憶する記憶部 6 1 0 と測温データ等の制御のためのデータを記憶する記憶部 6 1 に分けられており、演算部も、サーモビュア 6 0 0 から得られた画像データの演算を専門に行う演算部 6 2 0 とヒータの制御を行うための演算部 6 2 とに分けられている。しかし、記憶部 6 1 0 と記憶部 6 1 とは一つの記憶部に統合されていてもよく、演算部 6 2 0 と演算部 6 2 とが一つの演算部に統合されていてもよい。さらに、制御部 6 3 と電源部 6 3 0 とが一

体化されていてもよい。

【 0 0 9 3 】

次に、図 6 に示したセラミックヒータ 5 0 の動作について説明する。

このセラミックヒータ 5 0 は、測温手段としてサーモビュア 6 0 0 が設けられており、サーモビュア 6 0 0 は、シリコンウエハ 1 9 またはヒータ板 5 1 の表面を撮影し、光学的なデータを画像とともに記憶部 6 1 0 に送信する。記憶部 6 1 0 に格納されたデータは、演算部 6 2 0 に送られ、演算部 6 2 0 において画像処理される。画像処理は、図 7 の (a) に示したような工学的に色分けされた画像データを図 7 (b) に示したように、複数の画素に区画し、各画素の色を複数段階に分けて多値化する。

【 0 0 9 4 】

このセラミックヒータ 5 0 でも、発熱体の回路を 2 以上に分割して制御するため、複数の温度制御領域が存在する。それぞれの温度制御領域の温度は、図 7 (a) に示した特定のポイント A における多値化した値を代表値とするか、または、温度制御領域の各区画における多値化した値を平均してその領域の温度とする等の処理を行い、各温度制御領域の温度 T とする。そして、この各温度制御領域の温度は、記憶部 6 1 0 に再度格納される。

【 0 0 9 5 】

記憶部 6 1 0 に格納された温度領域の温度データ T は、制御のための記憶部 6 1 に送信され、例えば、温度制御領域の温度 T と所望温度 t との差または各温度制御領域の温度差 ΔT を演算し、 ΔT を 0 にするような電力データ ΔW を演算し、これを制御部 6 3 に送信して、これに基づいた電力を発熱体に投入して昇温させ、ウエハ加熱面または被加熱物の温度を均一になるように制御するのである。なお、第二の本発明において、測温手段として、熱電対等の測温素子を用いてもよいことは勿論である。

【 0 0 9 6 】

図 6 に示したセラミックヒータ 5 0 は、図 3 に示したセラミックヒータの場合と同様にしてヒータ板 3 1 を製造した後、ヒータ板 3 1 に加工を施して支持ピン 5 6 0 をヒータ板 5 1 に設置し、図 6 に示したようにサーモビュア等を設置した後

、記憶部 61、610、演算部 62、620 等との配線を行うことにより組み立てる。

【0097】

図 6 に示したセラミックヒータ 50 においては、測温手段としてサーモビュアを用いているため、ヒータ板のウエハ加熱面や被加熱物の温度制御を、面温度制御で行うことができ、測温素子を用いた点温度制御よりも温度制御の精度を向上させることができる。また、予定外の温度変化が生じた場合でも、直ちに対応してもとの温度に回復させることができ、実用的な温度制御を実現することができる。

【0098】

以上、本発明のセラミックヒータについて説明したが、セラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体を設けるとともに、セラミック基板の内部に静電電極を設けることにより、静電チャックとしてもよい。

【0099】

また、セラミック基板の表面または内部に抵抗発熱体を設けるとともに、セラミック基板の表面にチャックトップ導体層を設け、一方、セラミック基板の内部にガード電極やグランド電極を設けることにより、ウエハプローバとしてもよい。

【0100】

【実施例】

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例 1) 窒化アルミニウム製のセラミックヒータ (図 3 参照) の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末 (平均粒径: $1.1\ \mu\text{m}$) 100 重量部、イットリア (平均粒径: $0.4\ \mu\text{m}$) 4 重量部、アクリル系バインダ 12 重量部およびアルコールからなる組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0101】

(2) 次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体 (グリーン) を得た。

(3) 加工処理の終わった生成形体を 1800°C 、圧力: $2 \times 10^5\ \text{Pa}$ でホットプレスし、厚さが 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。

次に、この板状体から直径 2 1 0 m m の円板体を切り出し、セラミック製の板状体（ヒータ板）3 1 とした。

【 0 1 0 2 】

この成形体にドリル加工を施し、シリコンウエハのリフターピンを挿入する貫通孔 3 5 となる部分、熱電対を埋め込むための有底孔 3 4 となる部分（直径：1. 1 m m、深さ：2 m m）を形成した。

【 0 1 0 3 】

(4) 上記(3) で得たヒータ板 3 1 に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターンは、図 2 に示したような同心円状のパターンとした。

導体ペーストとしては、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベスト P S 6 0 3 D を使用した。

この導体ペーストは、銀-鉛ペーストであり、銀 1 0 0 重量部に対して、酸化鉛（5 重量%）、酸化亜鉛（5 5 重量%）、シリカ（1 0 重量%）、酸化ホウ素（2 5 重量%）およびアルミナ（5 重量%）からなる金属酸化物を 7. 5 重量部含むものであった。また、銀粒子は、平均粒径が 4. 5 μ m で、リン片状のものであった。

【 0 1 0 4 】

(5) 次に、導体ペーストを印刷したヒータ板 3 1 を 7 8 0 $^{\circ}$ C で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにヒータ板 3 1 に焼き付け、発熱体 3 2 を形成した。銀-鉛の発熱体 3 2 は、厚さが 5 μ m、幅 2. 4 m m、面積抵抗率が 7. 7 m Ω / \square であった。

【 0 1 0 5 】

(6) 硫酸ニッケル 8 0 g / l、次亜リン酸ナトリウム 2 4 g / l、酢酸ナトリウム 1 2 g / l、ほう酸 8 g / l、塩化アンモニウム 6 g / l の濃度の水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記(5) で作製したヒータ板 3 1 を浸漬し、銀-鉛の発熱体 3 2 の表面に厚さ 1 μ m の金属被覆層（ニッケル層）3 8 を析出させた。

【 0 1 0 6 】

(7) 電源との接続を確保するための端子を取り付ける部分に、スクリーン印刷に

より、銀-鉛半田ペースト（田中貴金属製）を印刷して半田層を形成した。

ついで、半田層の上にコバール製の端子ピン 3 3 を載置して、4 2 0℃で加熱タフローし、端子ピン 3 3 を発熱体 3 2 の表面に取り付けた。

【0 1 0 7】

(8) 温度制御のための熱電対を有底孔 3 4 にはめ込み、セラミック接着剤（東亜合成製 アロンセラミック）を埋め込んで固定しセラミックヒータ 3 0 を得た。

【0 1 0 8】

（実施例 2）炭化ケイ素製のセラミックヒータの製造

平均粒径 1. 0 μm の炭化ケイ素を使用し、焼結温度を 1 9 0 0℃とし、さらに得られたヒータ板の表面を 1 5 0 0℃で 2 時間焼成して表面に厚さ 1 μm の SiO_2 層を形成したほかは、実施例 1 と同様にし、炭化ケイ素製のセラミックヒータを製造した。

【0 1 0 9】

（実施例 3）発熱体を内部に有するセラミックヒータ（図 1～2）の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製 平均粒径：1. 1 μm ）、イットリア（平均粒径：0. 4 μm ）4 重量部、アクリルバイнда 1 1. 5 重量部、分散剤 0. 5 重量部および 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 5 3 重量部を混合したペーストを用い、ドクタープレート法により成形を行って、厚さ 0. 4 7 mm のグリーンシートを得た。

【0 1 1 0】

(2) 次に、このグリーンシートを 8 0℃で 5 時間乾燥させた後、パンチングにより直径 1. 8 mm、3. 0 mm、5. 0 mm のシリコンウエハリフターピンを挿入する貫通孔 1 5 となる部分、端子ピンと接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0 1 1 1】

(3) 平均粒子径 1 μm のタングステンカーバイド粒子 1 0 0 重量部、アクリル系バイнда 3. 0 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3. 5 重量部および分散剤 0. 3 重量部を混合して導体ペースト A を調製した。

【0 1 1 2】

平均粒子径 $3\ \mu\text{m}$ のタングステン粒子 100 重量部、アクリル径バイнда 1.9 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.7 重量部および分散剤 0.2 重量部を混合して導体ペースト B を調製した。

この導電性ペースト A をグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、導体ペースト層を形成した。印刷パターンは、図 2 に示したような同心円パターンとした。また、端子ピンを接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペースト B を充填した。

上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシートを上側（ウエハ加熱面）に 37 枚、下側に 13 枚、 130°C 、 $8 \times 10^4\ \text{Pa}$ の圧力で積層した。

【0113】

(4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、 600°C で 5 時間脱脂し、 1890°C 、圧力 $1.5 \times 10^5\ \text{Pa}$ で 3 時間ホットプレスし、厚さ 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。これを 230 mm の円板状に切り出し、内部に厚さ $6\ \mu\text{m}$ 、幅 10 mm の発熱体を有するセラミックヒータとした。

【0114】

(5) 次に、(4) で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC 等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔 14（直径： $1.2\ \text{mm}$ 、深さ： $2.0\ \text{mm}$ ）を設けた。

【0115】

(6) さらに、スルーホール用の貫通孔の一部をえぐり取って凹部とし、この凹部に Ni-Au からなる金ろうを用い、 700°C で加熱リフローしてコバル製端子ピン 13 を接続させた。

なお、端子ピン 13 の接続は、タングステンの支持体が 3 点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

(8) 次に、温度制御のための複数の熱電対 17 を有底孔 14 に埋め込み、セラミックヒータ 10 の製造を完了した。

【0116】

（実施例 4）セラミックヒータの温度制御

(1) 電源を有する制御部、記憶部、および演算部を備えた温調器（オムロン社製 E 5 Z E）を用意し、実施例 1 で製造したセラミックヒータ 3 0（図 3 参照）に、端子ピン 1 3 を介して制御部 4 3 からの配線を接続するとともに、熱電対 1 7 からの配線を記憶部 4 1 に接続し、シリコンウエハをこのセラミックヒータ 3 0 上に載置した。

なお、図 3 には示していないが、セラミックヒータ 3 0 の有底孔 3 4 a ~ 3 4 c は、図 2 に示したセラミックヒータ 1 0 における有底孔 1 4 a ~ 1 4 c と同じ位置に形成されている。また、発熱体 3 2 a ~ 3 2 c も、図 2 に示したセラミックヒータ 1 0 における発熱体 1 2 a ~ 1 2 c と同じ位置に形成されている。

【 0 1 1 7 】

(2) 次に、このセラミックヒータ 3 0 に電圧を印加して、一旦 2 0 0℃まで昇温しておき、さらに 2 0 0℃~4 0 0℃まで昇温させ、有底孔 3 4 a ~ 3 4 c に設置された熱電対により温度を測定した。測定結果を図 4 に示した。

また、発熱体 3 2 a、3 2 b、3 2 c に投入した電力（電流値で標記する）のプロファイルを図 5 に示した。なお、図 4 においては、縦軸に温度をとり、横軸に経過時間をとっており、図 5 においては、縦軸に電流値をとり、横軸に時間をとっている。

【 0 1 1 8 】

図 4 より明らかなように、セラミックヒータ 3 0 に電流を流した後、短時間でセラミックヒータの温度は、均一になっており、その結果、このセラミックヒータ 3 0 上に載置したシリコンウエハは、加熱の過程において、破損せず、均一に加熱された。

【 0 1 1 9 】

また、1 4 0℃に加熱した後、2 5℃のシリコンウエハを載置した際の、セラミックヒータ 3 0 の中央部付近、中間部付近および外周部付近の温度の回復状況を調べ、図 8 に示した。

また、図 8 に示した結果より明らかなように、セラミックヒータ 3 0 は、一定の温度の状態から、低温のシリコンウエハを急に載置して外乱を発生させても、極めて短時間でセラミックヒータ 3 0 の温度を元の温度に制御することができる。

また、実施例 2、3 で得られたセラミックヒータを用いて同様の温度制御を行ったが、上記の場合と同様に、シリコンウエハを均一に加熱することができた。

【0 1 2 0】

（実施例 5） サーモビュアによる温度制御

(1) 電源部 6 3 0、制御部 6 3、記憶部 6 1 および演算部 6 2 を備えた温調器（オムロン社製 E 5 Z E）を用意し、熱電対を挿入する有底孔を形成しない以外は、実施例 1 の場合と同様の構成のヒータ板 5 1（セラミックヒータ 5 0、図 6 参照）を製造し、端子ピン 3 3 を介して制御部 6 3 からの配線を接続するとともに、サーモビュア 6 0 0（日本データム社製 I R - 1 6 2 0 1 2 - 0 0 1 2）からの配線を記憶部 6 1 0 と演算部 6 2 0 を兼ねるパーソナルコンピュータ（富士通 FM - V）に接続した。

【0 1 2 1】

このパーソナルコンピュータには、画像処理ソフト（コグネックス社製）がインストールされている。この画像処理ソフトは、サーモビュア 6 0 0 の画面を 1 万画素に区画し、この区画した画素の色を 0 ～ 9 段階に多値化する。区画内に複数の色が存在する場合は、平均値を採用する。このように多値化した値から温度制御領域の平均値を求め、この平均値に対応する色から温度を決定し、このようにして決定された各温度制御領域の温度を温調器へ転送するようになっている。

【0 1 2 2】

(2) 次に、このセラミックヒータ 5 0 に電圧を印加して、一旦 2 0 0℃まで昇温させた。発熱体 3 2 a、3 2 b、3 2 c に投入した電力（電流値で標記する）のプロファイルを図 9 に示した。さらに温度測定結果を図 1 0 に示した。

【0 1 2 3】

図 1 0 より明らかなように、セラミックヒータ 5 0 に電流を流した後、短時間でセラミックヒータの温度は、均一になっており、その結果、このセラミックヒータ 5 0 上に載置したシリコンウエハは、加熱の過程において、破損せず、均一に加熱された。

【0 1 2 4】

【発明の効果】

以上説明したように本発明のセラミックヒータによれば、ヒータ板のウエハ加熱面の温度を均一化することにより、シリコンウエハ等の被加熱物の温度を均一化することができ、シリコンウエハの破損を防止することができる。また予定外の温度変化が生じた場合でも、短時間で設定温度に回復するように制御することができるため極めて実用的である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

(a) は、第一の本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示すブロック図であり、(b) は、その部分拡大断面図である。

【図 2】

第一の本発明のセラミックヒータのヒータ部分の一例を模式的に示す平面図である。

【図 3】

(a) は、第一の本発明のセラミックヒータの他の一例を模式的に示すブロック図である。

【図 4】

実施例 4 に係るセラミックヒータの温度プロファイルを示すグラフである。

【図 5】

実施例 4 に係るセラミックヒータの電力（電流）プロファイルを示すグラフである。

【図 6】

第二の本発明のセラミックヒータの一例を模式的に示すブロック図である。

【図 7】

(a) は、図 6 に示したサーモビュアにより得られた画像データを示す模式図であり、(b) は、(a) の図を、複数の画素に区画し、各画素の色を複数段階に分けて多値化した状態を示す模式図である。

【図 8】

実施例 4 に係るセラミックヒータ表面に外乱が発生した際の、セラミックヒータの温度回復の状態を示したグラフである。

【図 9】

実施例 5 に係るセラミックヒータの電力（電流）プロファイルを示すグラフである。

【図 1 0】

実施例 5 に係るセラミックヒータの温度プロファイルを示すグラフである。

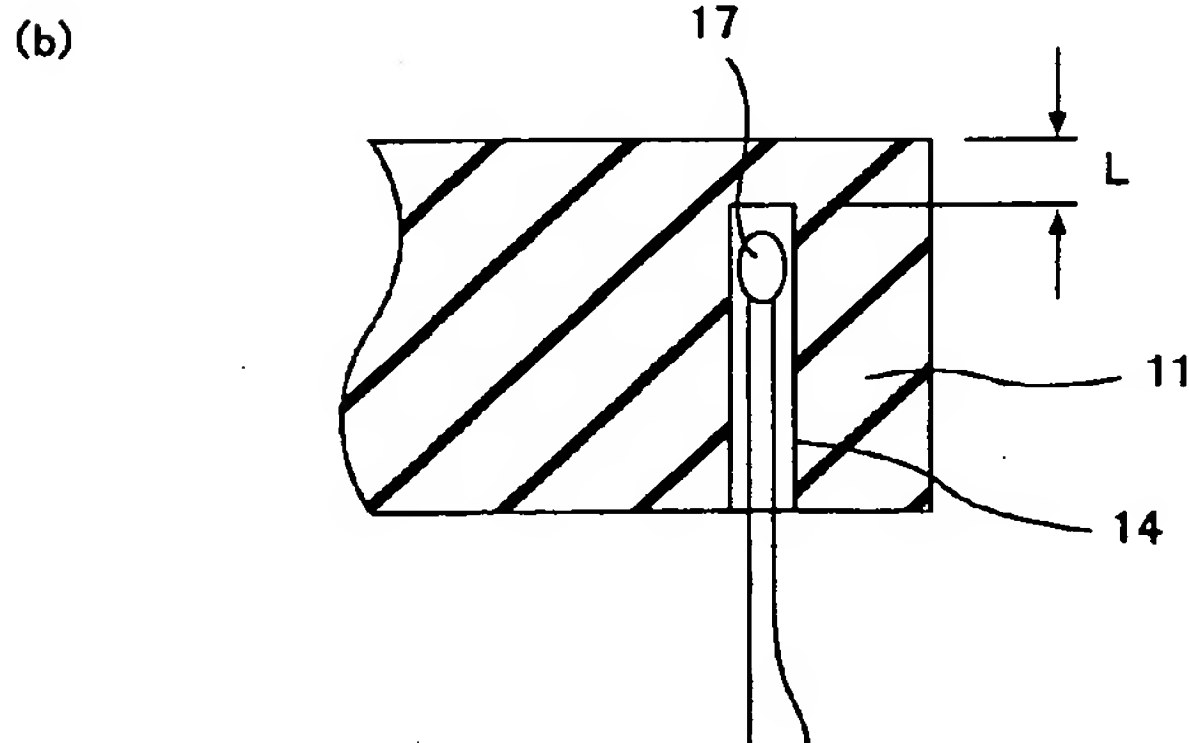
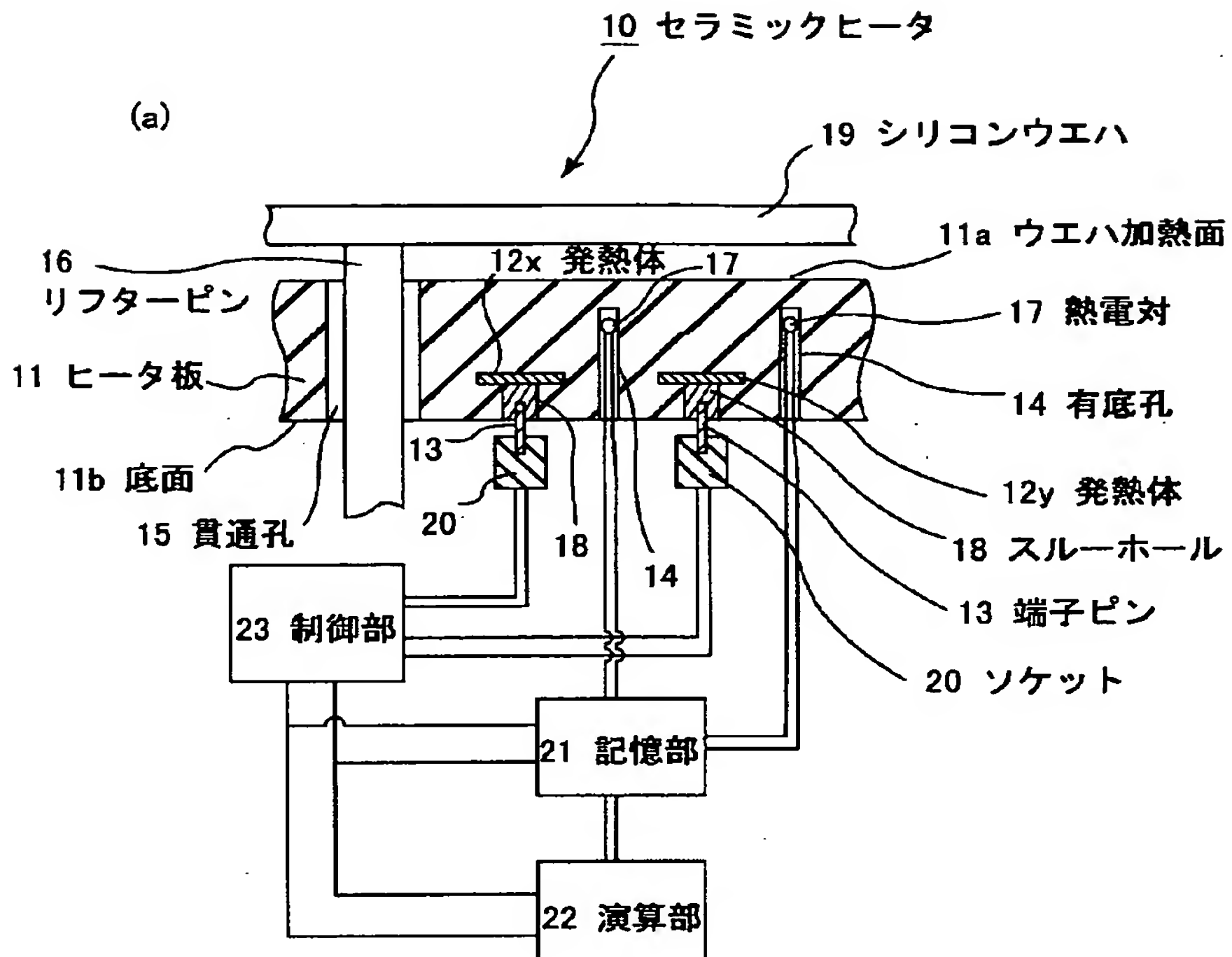
【符号の説明】

1 0、3 0、5 0 セラミックヒータ
1 1、3 1、5 1 ヒータ板
1 2、3 2 発熱体
1 3、3 3 端子ピン
1 4、3 4 有底孔
1 5、3 5 貫通孔
1 9 シリコンウエハ
1 1 a、3 1 a、5 1 a ウエハ加熱面
1 1 b、3 1 b、5 1 b 底面
1 6 リフターピン
1 7、3 7 熱電対
1 8 スルーホール
2 1、4 1、6 1、6 1 0 記憶部
2 2、4 2、6 2、6 2 0 演算部
2 3、4 3、6 3 制御部
5 6 0 支持ピン
6 0 0 サーモピュア
6 3 0 電源部

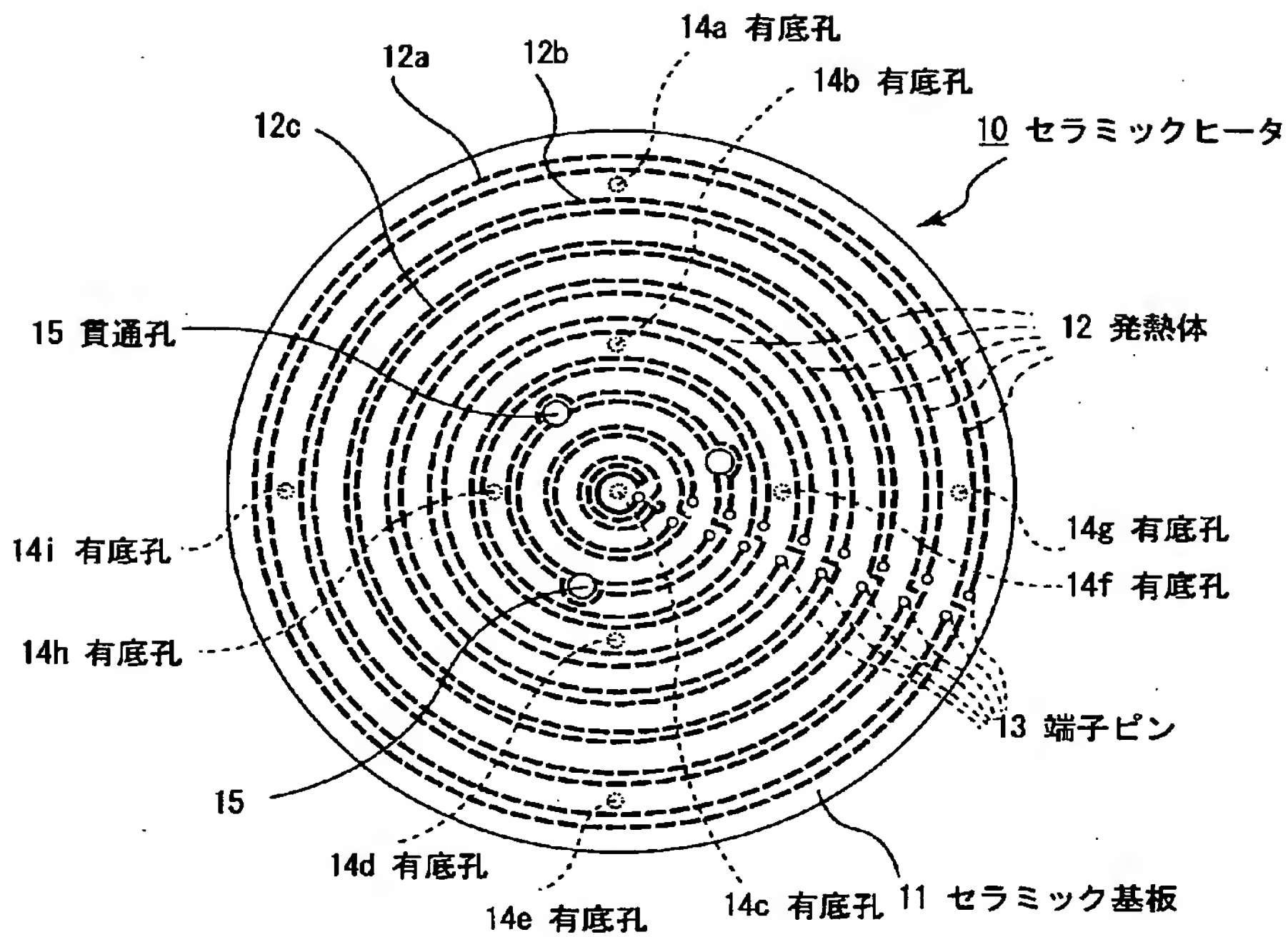
【書類名】

図面

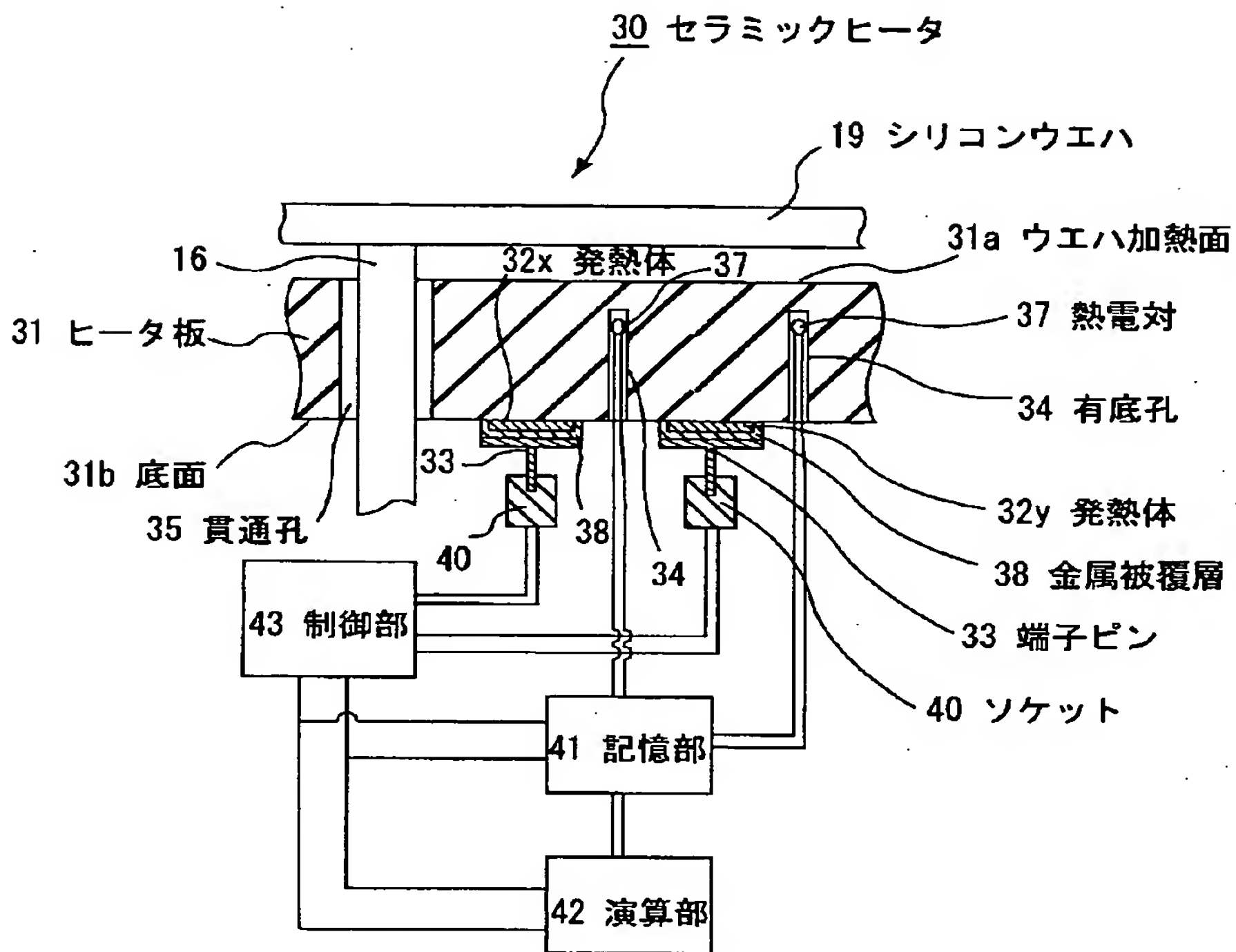
【図 1】



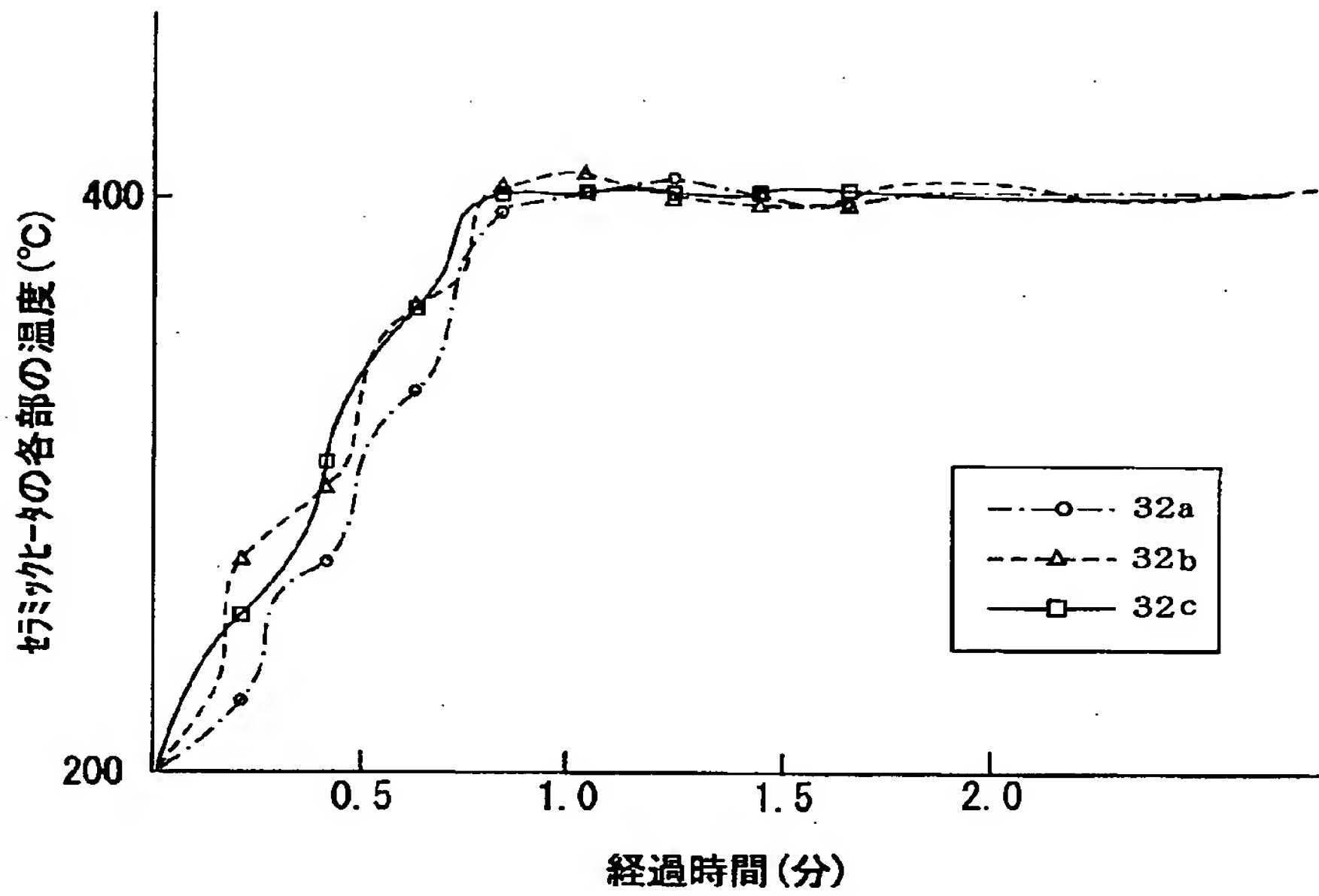
【図2】



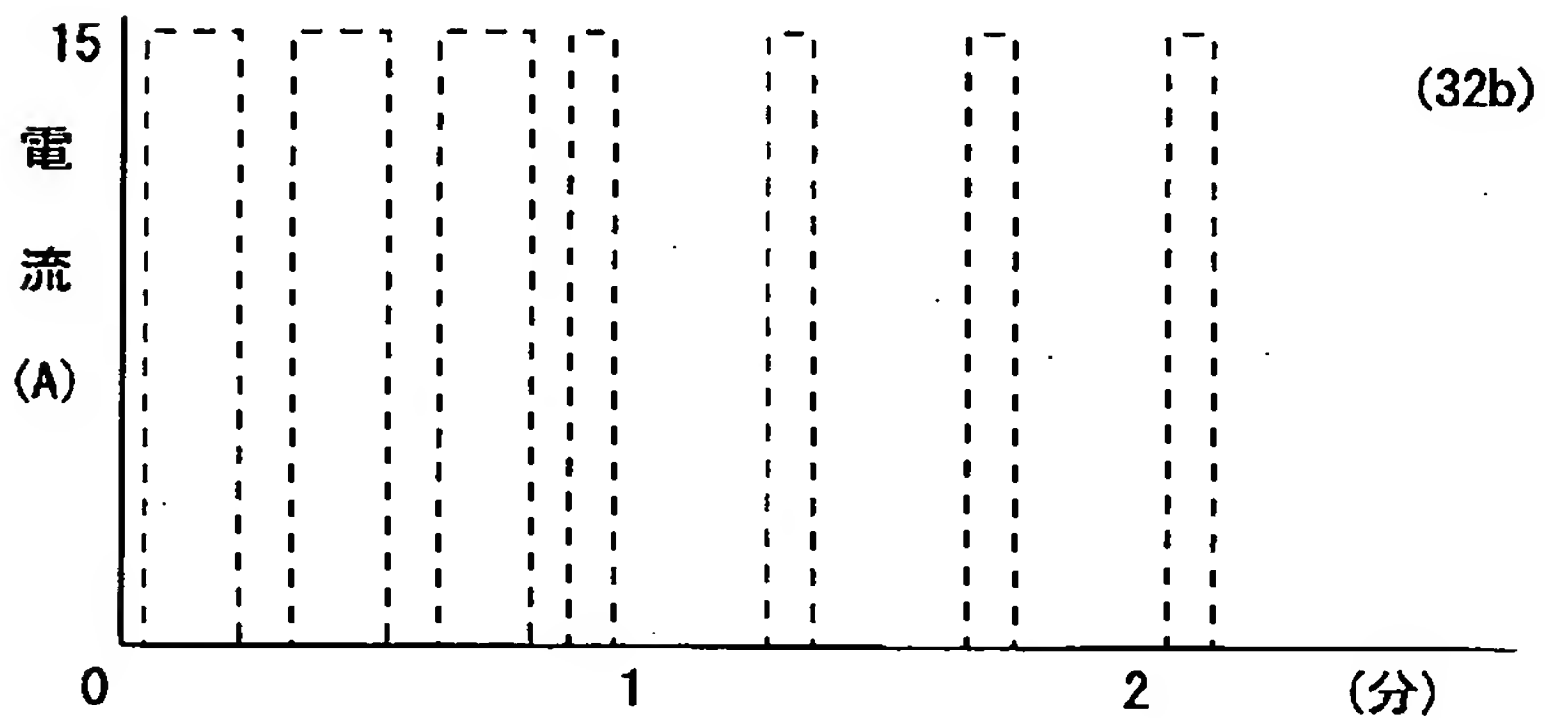
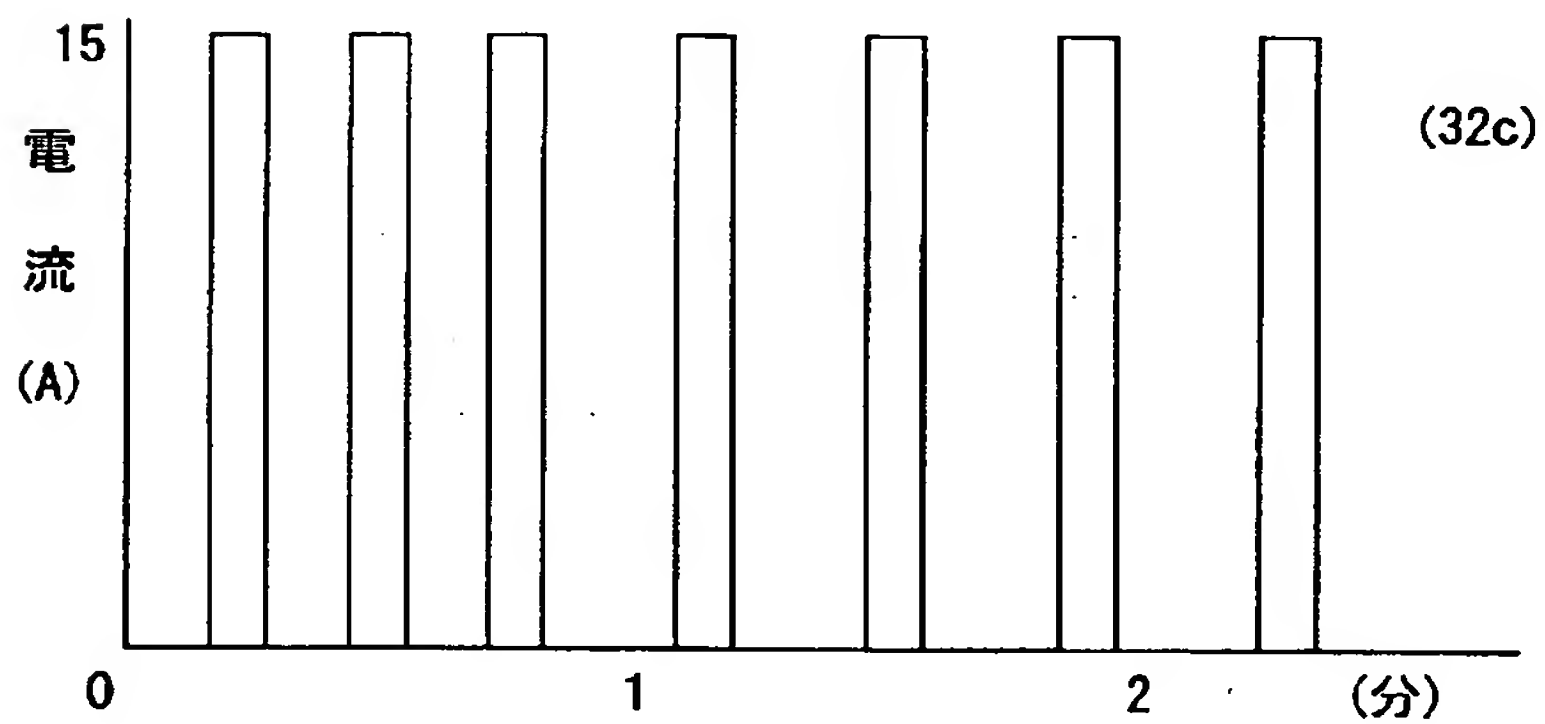
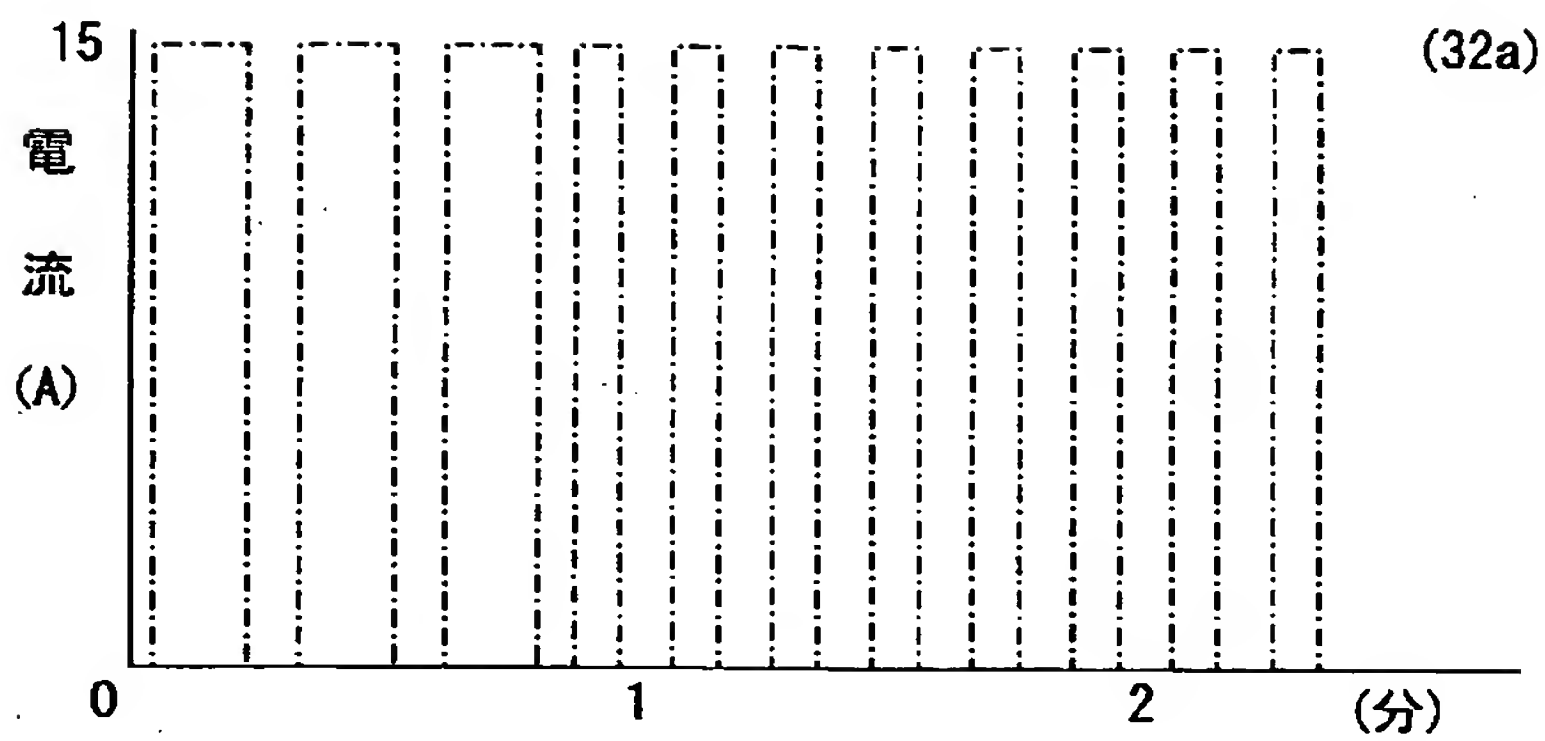
【図 3】



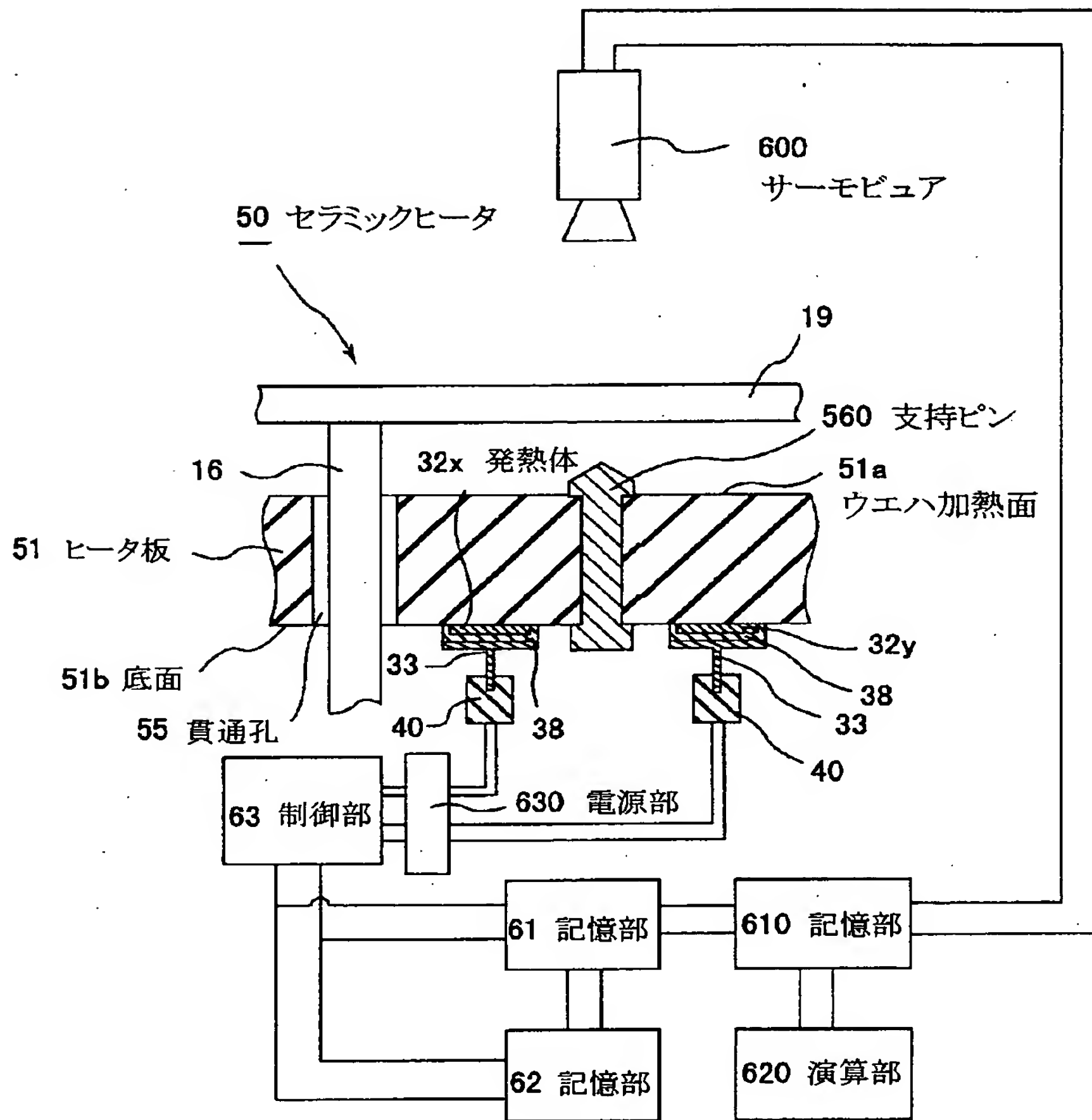
【図 4】



【図 5】

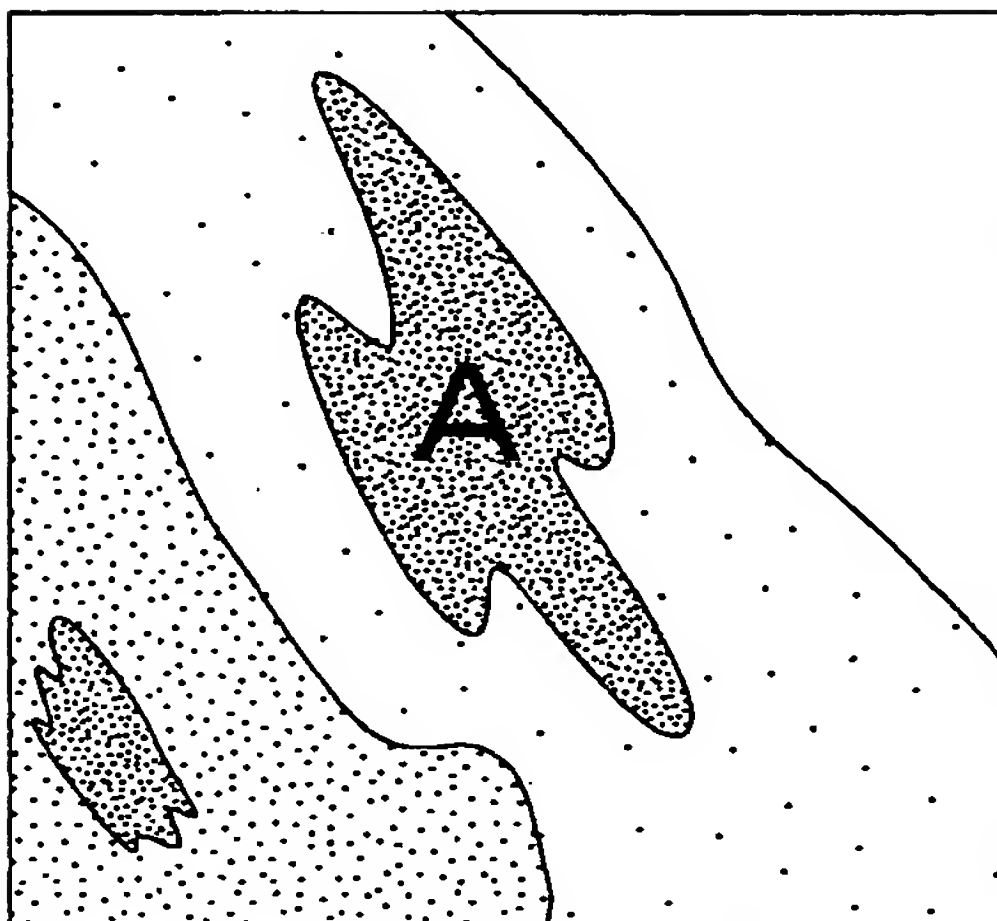


【図 6】

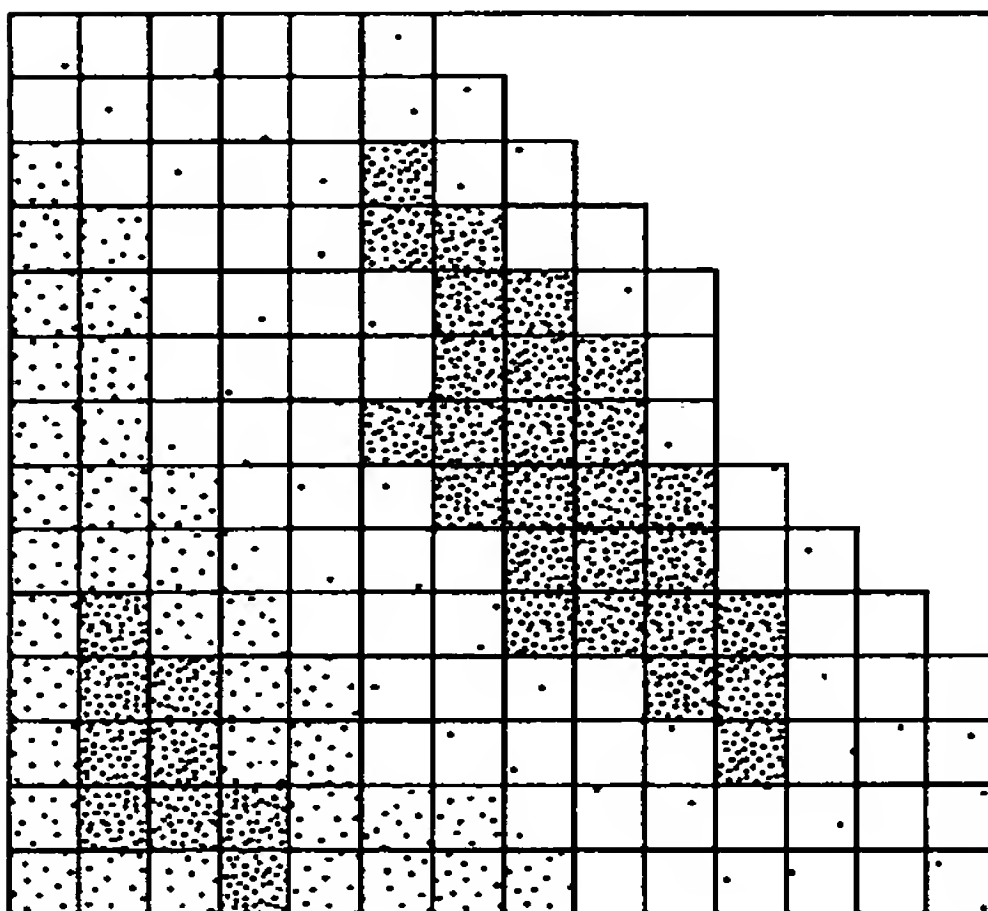


【図 7】

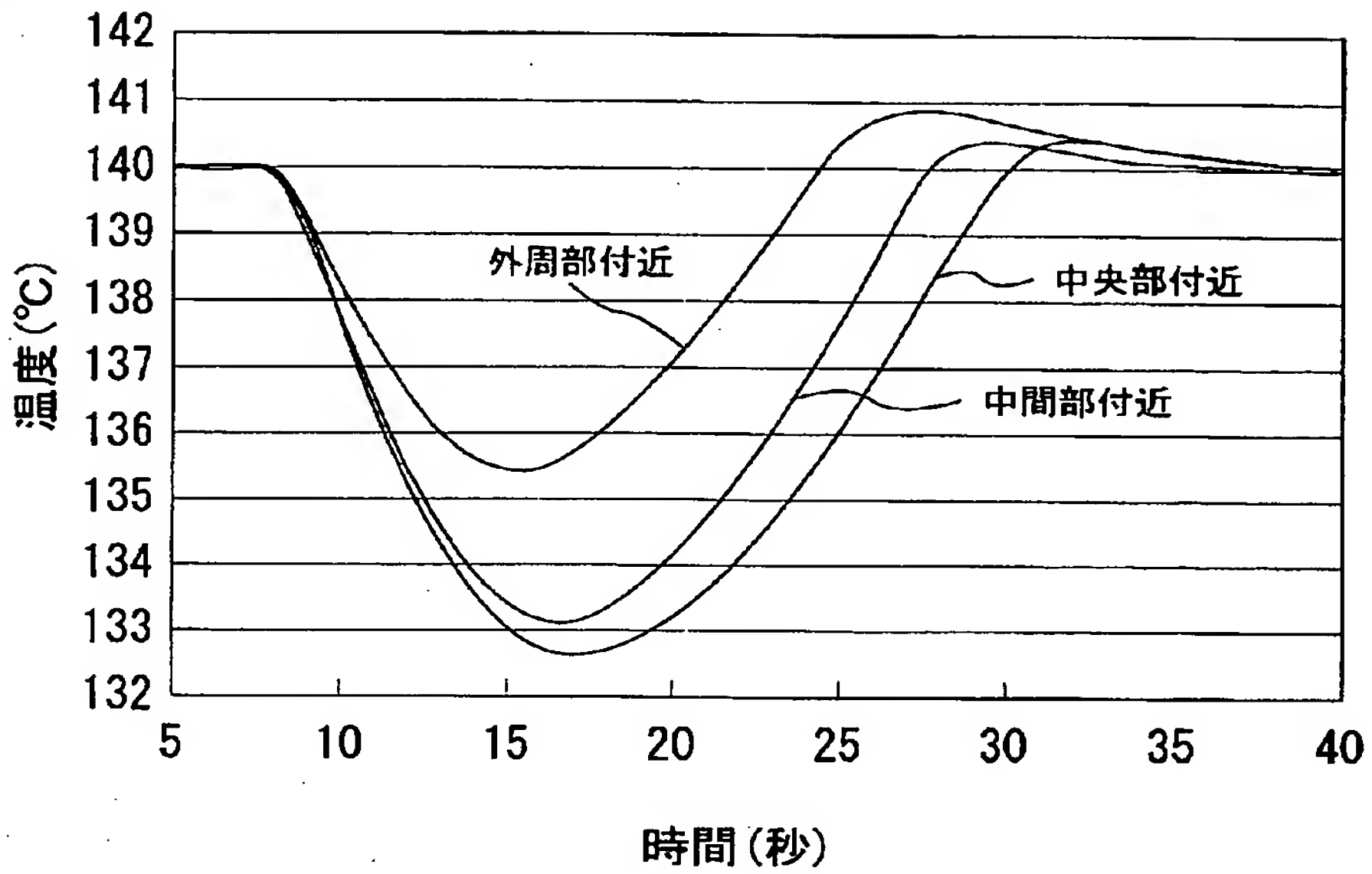
(a)



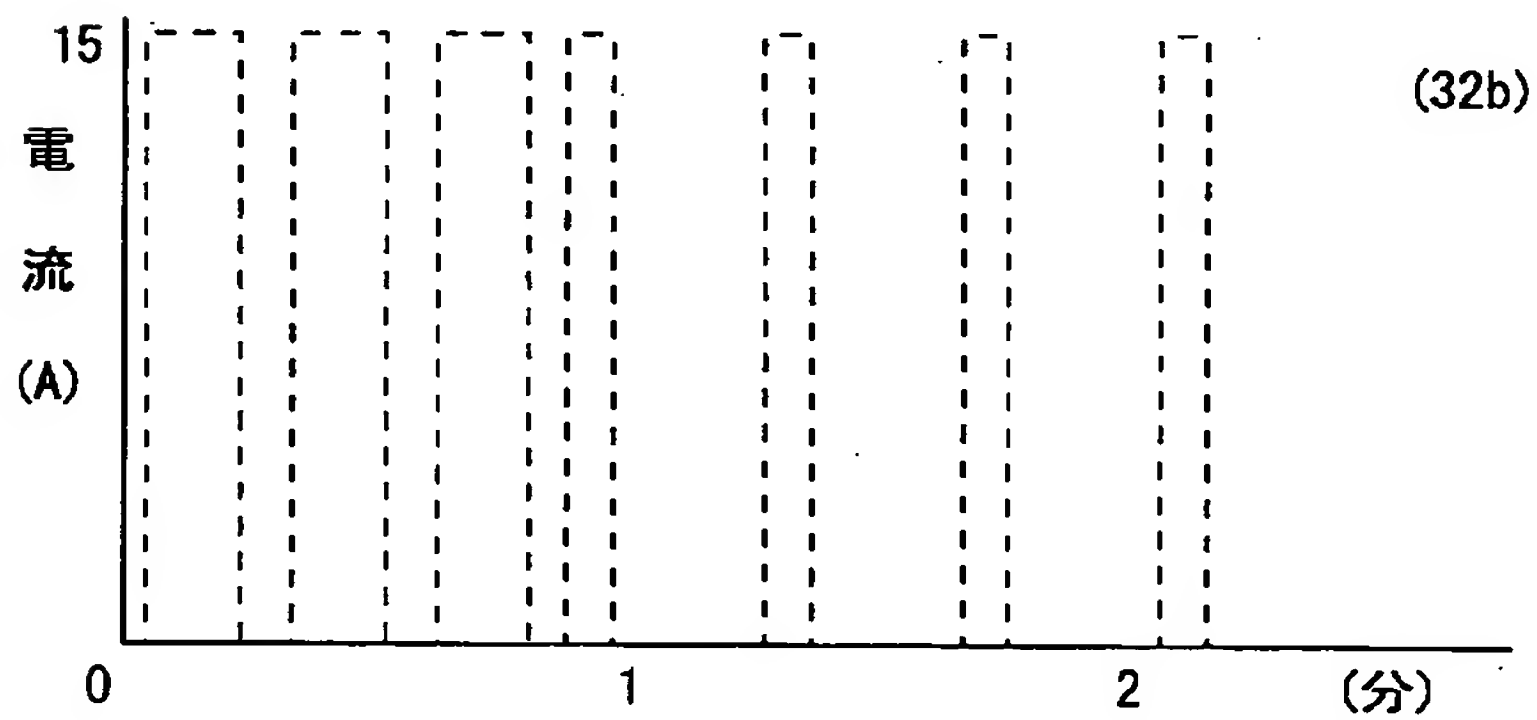
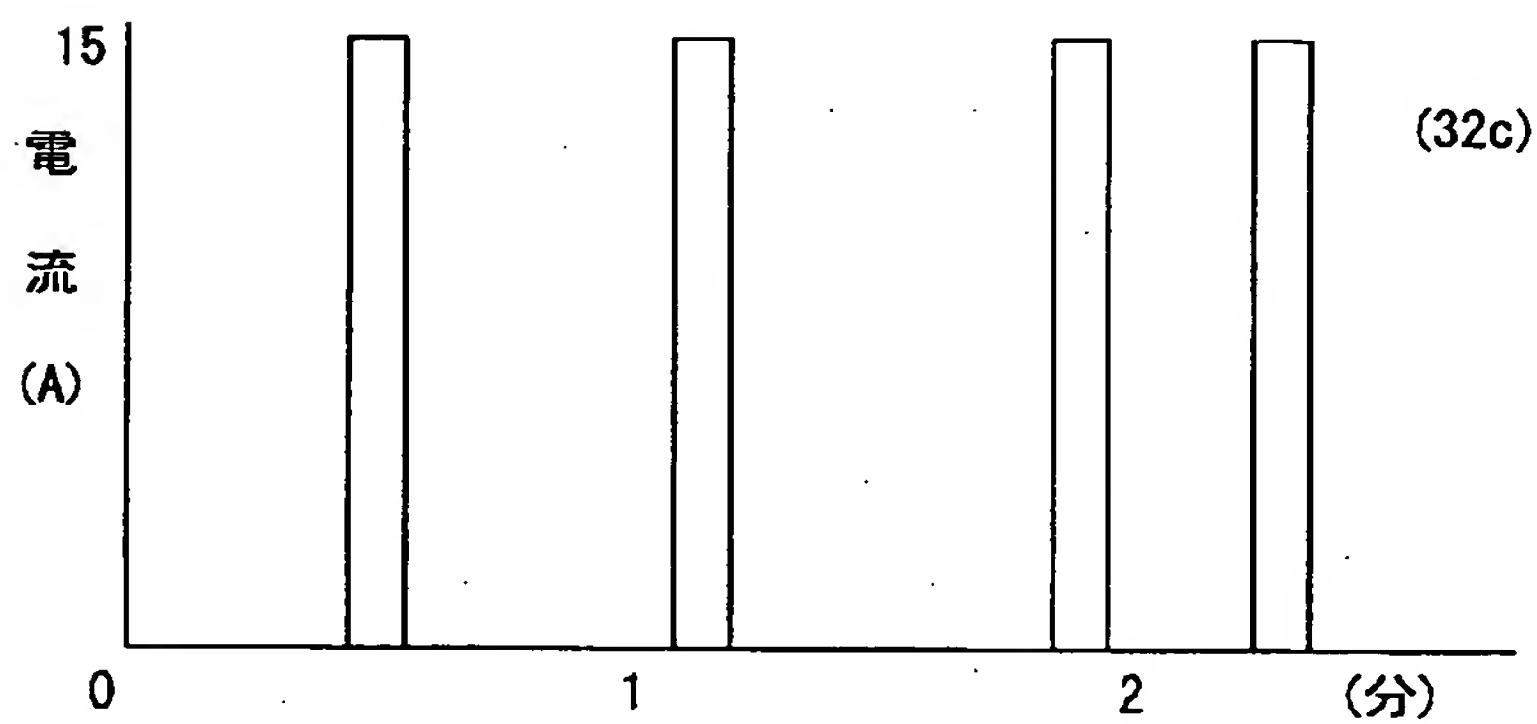
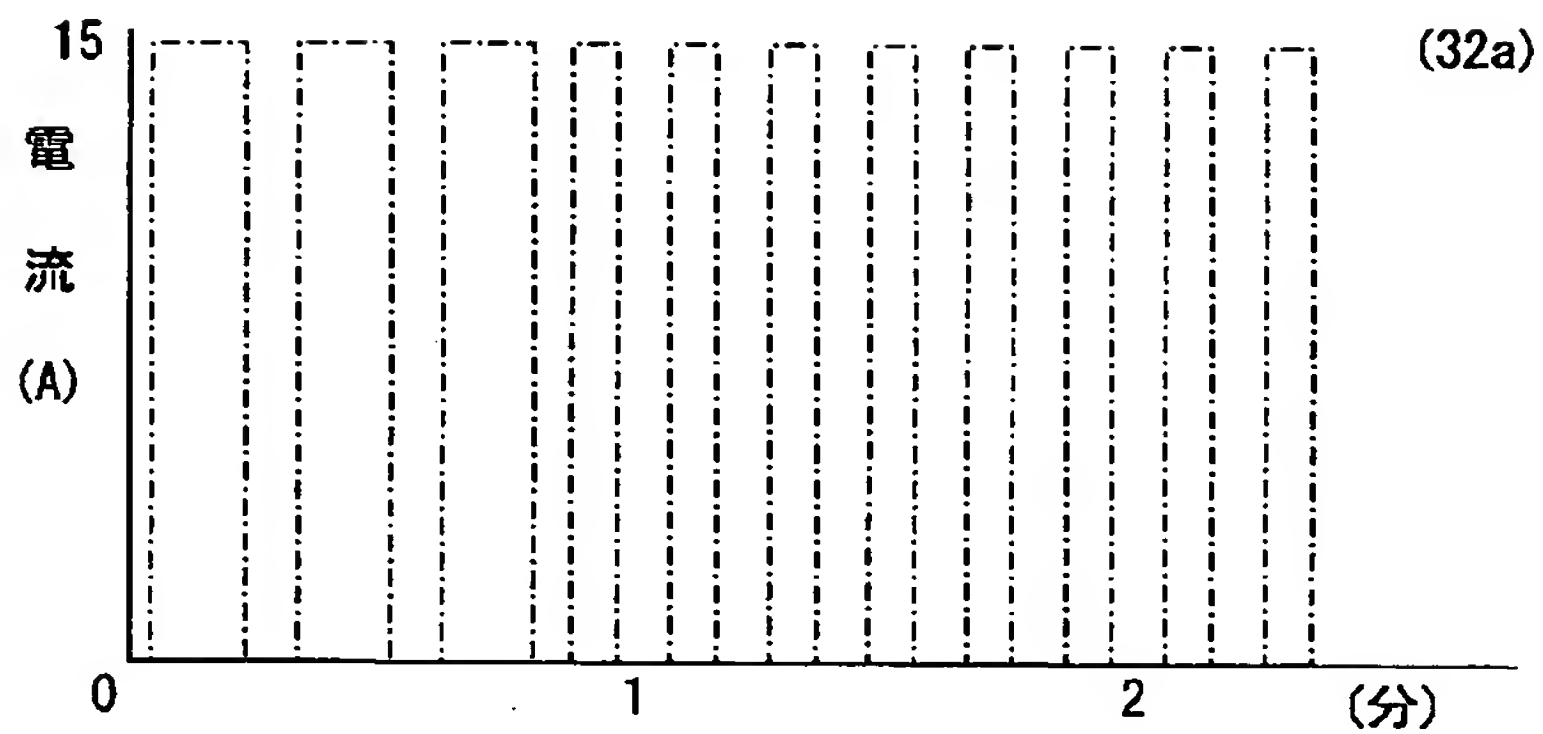
(b)



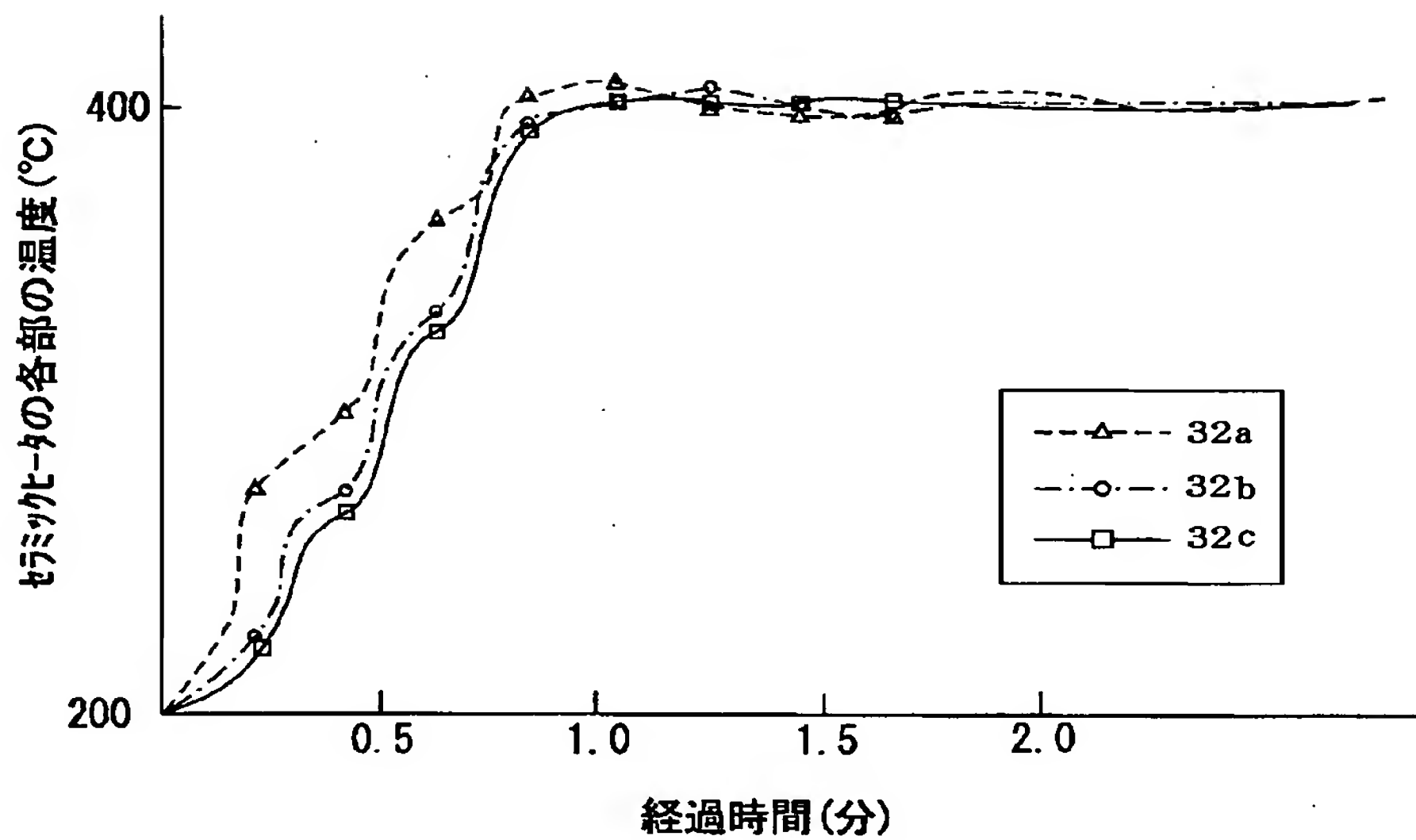
【図 8】



【図9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シリコンウエハ等の被加熱物の温度を均一化することができ、シリコンウエハの破損を防止することができ、また、予定外の温度変化が生じた場合でも、短時間で設定温度に回復させることができるセラミックヒータを提供すること。

【解決手段】 セラミック基板の表面または内部に発熱体が形成されるとともに、このセラミック基板または被加熱物の温度を測定する測温手段と、前記発熱体に電力を供給する制御部と、前記測温手段により測定された温度データを記憶する記憶部と、前記温度データから前記発熱体に必要な電力を演算する演算部とを備えてなり、前記発熱体は、少なくとも2以上の回路に分割されてなり、各回路には異なる電力が供給されるように構成されていることを特徴とするセラミックヒータ。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-101564
受付番号	50000419841
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0093
作成日	平成12年 4月 6日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 4月 3日

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 0 1 5 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 岐阜県大垣市神田町 2 丁目 1 番地

氏 名 イビデン株式会社